



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 10 828 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
F 28 D 9/00

②1 Aktenzeichen: 101 10 828.1
②2 Anmeldetag: 6. 3. 2001
④3 Offenlegungstag: 27. 9. 2001

⑥6 Innere Priorität:
100 12 957. 9 16. 03. 2000

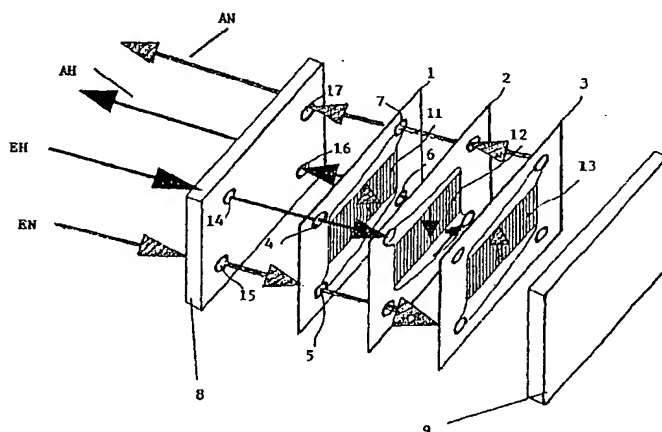
⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Wärmeübertrager für eine CO₂-Fahrzeugklimaanlage

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager mit einem von einem hochdruckseitigen Kältemittelstrom in einer ersten Richtung durchströmten ersten Kanal und einem von niederdruckseitigem Kältemittel in eine zur ersten Richtung entgegengesetzten zweiten Richtung durchströmten, vom ersten Kanal getrennten zweiten Kanal, der dadurch gekennzeichnet ist, dass der erste und zweite Kanal jeweils eine Vielzahl von in oder auf einzelnen Wärmeübertragungsblechen (1, 2, 3, ...) gebildeten kleinen Kanälen (11, 12, 13, ...) aufweisen, und dass mehrere Lagen der Wärmeübertragungsbleche miteinander verlötet oder verschweißt sind.



DE 101 10 828 A 1

DE 101 10 828 A 1

Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager mit einem von einem hochdruckseitigen Kältemittelstrom durchströmten ersten Kanal und einem von niederdruckseitigem Kältemittel durchströmten, vom ersten Kanal getrennten zweiten Kanal.

Ein derartiger Wärmeübertrager ist in einer Verwendung als innerer Wärmeübertrager einer CO₂-Fahrzeugklimaanlage aus dem Statusbericht Nr. 20 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins: Kohlendioxid – Besonderheiten und Einsatzchancen als Kältemittel, Seite 137 (November 1998) bekannt.

Ausgehend von den Vorschriften und Regelungen für den Ausstieg aus der Anwendung von FCKW nimmt das Interesse an natürlichen Kältemitteln als Alternative zu FCKW zu.

Zur Palette der natürlichen Kältemittel gehört auch das nicht brennbare und nicht toxische Kohlendioxid. Forschungen zum Kohlendioxid, das 1866 erstmalig als Kältemittel verwendet wurde und in den Fünfziger Jahren aus der Anwendung verschwand, erlebten Ende der Achtziger Jahre durch Arbeiten von Lorentzen und Mitarbeitern eine Renaissance. Zukünftige Einsatzgebiete liegen bei der Fahrzeugklimatisierung, Wärmepumpen, transportablen Klimageräten kleiner Leistung, Luftentfeuchtungsgeräten und Trocknern.

Um die Leistung und Effizienz des CO₂-Prozesses zu erhöhen, wurde ein sogenannter innerer oder interner Wärmeübertrager vorgeschlagen. Der interne Wärmeübertrager wird vom Kältemittel (CO₂) durchströmt. Einmal auf dem Weg vom Gaskühler zum Verdampfer, das zweite Mal zwischen Verdampfer und Verdichter. Die Hauptaufgabe des internen Wärmeübertragers ist in Zeiten, in denen hohe Umgebungstemperaturen vorliegen, während denen der Gaskühler also nicht in der Lage ist, das Kältemittel vor der Expansion genügend abzukühlen, durch den internen Wärmeübertrager eine zusätzliche Abkühlung zu ermöglichen. Der Wärmestrom wird von der Hochdruckseite nach dem Gaskühler an die Niederdruckseite nach dem Verdampfer (vor Eintritt in den Verdichter) abgegeben. Das teilweise noch flüssige Kältemittel an der Saugseite verdampft dann komplett, bevor es den Verdichter erreicht. Der interne Wärmeübertrager ist sinnvollerweise als Gegenstromwärmeübertrager ausgeführt.

Der aus dem oben erwähnten Statusbericht des Deutschen Kälte- und klimatechnischen Vereins bekannte interne Wärmeübertrager wird momentan z. B. als Gegenstrom-Doppelrohrwärmeübertrager hergestellt. Dabei wird das Rohrprofil aus extrudiertem Aluminium hergestellt. Der hochdruckseitige Kältemittelstrom wird aus Festigkeitsgründen im inneren Rohr geführt. Schwierig hierbei ist die Dimensionierung der saugseitigen Wärmeübertragungsfläche bzw. der saugseitig durchströmten Querschnittsfläche, um einen befriedigenden Wärmeübergangskoeffizient bei akzeptablem Druckabfall des Kältemittels zu erzielen.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen kleinen kompakten Wärmeübertrager, bei dem in einem kleinen Volumen eine sehr große wärmeübertragende Fläche realisiert werden kann, anzugeben, der sich für eine Verwendung als innerer Wärmeübertrager in einer CO₂-Klimaanlage eignet.

Diese Aufgabe wird anspruchsgemäß gelöst.

Dadurch, dass gemäß einem wesentlichen Aspekt der Er-

findung der erste und zweite Kanal jeweils gebildet aus einer Vielzahl von in oder auf einzelnen Wärmeübertragungsblechen angeordneten kleinen Kanälen aufweisen und dass mehrere Lagen der Wärmeübertragungsbleche miteinander verbunden, z. B. verlötet oder verschweißt, sind, lässt sich ein solcher Wärmeübertrager sehr kompakt, d. h. mit einem kleinen Volumen und gleichzeitig großer wärmeübertragender Fläche herstellen. Durch die Vielzahl der kleinen Kanäle und die Auslegung und Betriebsweise des Wärmeübertragers im Gegenstromprinzip kann der Wärmeübergang bei vertretbarem Druckabfall gegenüber der bekannten Lösung verbessert werden.

Durch die große Anzahl der kleinen Kanäle kann die wärmeübertragende Fläche deutlich vergrößert werden.

Es ist zu bevorzugen, dass der hydraulische Durchmesser der kleinen Kanäle so gewählt ist, dass das Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Hochdruckseite dem Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Niederdruckseite entspricht.

Alternativ oder zusätzlich kann auch die Strömungsführung, z. B. durch eine Zickzackführung der kleinen Kanäle so gewählt sein, dass das Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Hochdruckseite dem Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Niederdruckseite entspricht.

Dadurch, dass die Kanäle auf bzw. in den Blechen mittels eines abtragenden oder auftragenden Fertigungsverfahrens hergestellt werden, lassen sich die Kanäle, d. h. die Kanaldurchmesser in Anpassung an die Betriebsdruckverhältnisse sehr klein ausführen.

Durch seine kompakte Bauweise ist der vorgeschlagene Wärmeübertrager für hohe Drücke bis etwa 150 bar einsetzbar.

Zeichnung

Weitere vorteilhafte Merkmale eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele.

Die Fig. 1 zeigt die Struktur und Strömungsbedingungen bei einem Ausführungsbeispiel eines aus einzelnen Blechlagen aufgebauten erfindungsgemäßen Wärmeübertragers, Fig. 2 eine erste, Fig. 3 eine zweite sowie Fig. 4 eine dritte Anordnung eines kompakten Wärmeübertragers.

Ausführungsbeispiel

Das in der Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers ist sehr kompakt dadurch, dass einzelne plattenförmige Wärmeübertragungsbleche 1, 2, 3, die untereinander verlötet oder verschweißt und zwischen zwei Deckelplatten 8, 9 gepackt sind, mit kleinen Kanälen 11, 12, 13 und Strömungsöffnungen 4, 5, 6, 7 versehen sind. An einer Eintrittsöffnung 14 der linken Deckelplatte 8 einströmendes CO₂ hohen Drucks (Pfeil EH) strömt durch die Strömungsöffnung 4 des linken Wärmeübertragungsbleches hindurch zum mittleren Wärmeübertragungsblech 2, durch dessen Kanäle 12 in Pfeilrichtung nach unten und strömt von dort wieder nach links durch die Strömungsöffnung 6 des ersten Wärmeübertragungsbleches 1 und die Austrittsöffnung 16 der Deckelplatte 8 aus (Pfeil AH). Weiterhin strömt, wie die schraffierten Pfeile angeben, CO₂ niederen Drucks (Pfeil EN) in eine Eintrittsöffnung 15 der linken Deckelplatte 8, durch die Kanäle 11 des ersten Wärmeübertragungsblechs 1 von unten nach oben, weiter-

hin durch die Strömungsöffnung 5 des zweiten Wärmeübertragungsblechs 2 hindurch zum dritten Wärmeübertragungsblech 3 und dort ebenfalls durch dessen kleine Kanäle 13 von unten nach oben und durch die entsprechenden Strömungsöffnungen 7 des dritten, zweiten und ersten Wärmeübertragungsblechs 3, 2, 1 und dann durch die Austrittsöffnung 17 der linken Deckplatte 8 aus (Pfeil AN).

Auf diese Weise wird der dargestellte Wärmeübertrager vom hochdruckseitigen Kältemittel (schwarze Pfeile) in einer ersten Richtung und im Gegenstrom vom niederdruckseitigen Kältemittel (schraffierte Pfeile) durchströmt.

Selbstverständlich ist die Struktur des in der Figur dargestellten Wärmeübertragers mit nur drei Wärmeübertragungsblechen 1, 2, 3 nur beispielhaft.

Der in der Fig. 1 gezeigte Wärmeübertrager besteht somit aus einzelnen, durch die Wärmeübertragungsbleche definierten Lagen, die im Gegenstrom von CO₂, das sich auf der einen Seite auf hohem Druck (bis annähernd 150 bar) bei hoher Temperatur und auf der anderen Seite bei niedrigem Druck (bis annähernd 60 bar) und niedriger Temperatur befindet, durchströmt werden.

Um den Wärmeübertrager ideal an die auftretenden Wärmeübergangsbedingungen anzupassen, ist zu berücksichtigen, dass der Wärmeübergang durch die Stoffeigenschaften des Fluids und den Strömungszustand bestimmt werden. Der Wärmeübergangskoeffizient auf der Niederdruckseite ist jedoch im allgemeinen wesentlich kleiner als derjenige auf der Hochdruckseite. Um das Volumen des Wärmeübertragers am effizientesten zu nutzen, ist daher anzustreben, das Produkt aus Wärmeübergangskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Hochdruckseite demjenigen Produkt aus Wärmeübergangskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Niederdruckseite anzupassen. Dies kann bei dem gezeigten, kompakten Wärmeübertrager, der aus einzelnen Profilen, d. h. den Wärmeübertragungsblechen 1, 2, 3 besteht, in die die kleinen Kanäle 11, 12, 13 eingearbeitet sind, durch entsprechende Anpassung des hydraulischen Durchmessers der kleinen Kanäle 11, 12, 13 erfolgen.

Des weiteren besteht die Möglichkeit, die wärmeübertragende Fläche bzw. den Wärmeübergangskoeffizienten durch eine entsprechende Strömungsführung der kleinen Kanäle, beispielsweise in Zickzackform, zu vergrößern.

Ein solcher kompakter Wärmeübertrager, wie er in der Figur dargestellt ist, lässt sich vorteilhafterweise aus Kupfer- oder Kupferlegierung, Edelstahl, Aluminium und weiteren Werkstoffen herstellen.

Das oben beschriebene Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers lässt sich vorteilhaft als innerer Wärmeübertrager in einer CO₂-Klimaanlage in Fahrzeugen, insbesondere Kraftfahrzeugen verwenden.

Für diesen Fall lässt sich ein innerer Wärmeübertrager mit der oben beschriebenen Struktur und den dargelegten Strömungsbedingungen für hohe Drücke bis annähernd 150 bar auslegen.

Dabei liegt der erste in der Fig. 1 durch schwarze Pfeile markierte (Hochdruck) Strömungskanal in einem ersten Strömungsweg von einem Gaskühler zu einem Verdampfer und der zweite in der Figur durch schraffierte Pfeile markierte (Niederdruck) Strömungskanal in einem zweiten Strömungsweg vom Verdampfer zu einem Verdichter der Fahrzeugklimaanlage.

Im ersten Strömungsweg kann ein hoher Druck bis annähernd 150 bar und hohe Temperatur und im zweiten Strömungsweg ein niedriger Druck bis annähernd 60 bar und relativ niedrige Temperatur herrschen.

Dem einschlägigen Fachmann ist anhand der obigen Beschreibung deutlich geworden, dass der in der Fig. 1 darge-

stellte Wärmeübertrager lediglich schematisch und beispielhaft ist und dass auch eine andere von einer plattenförmigen Form der Wärmeübertragungsbleche abweichende Geometrie z. B. ein zylinderförmiger Aufbau realisiert werden kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 befinden sich in dem ersten Wärmeübertragungsblech 1 exemplarisch zwei kleine Kanäle 11, die niederdruckseitig von dem Kühlmittel durchströmt werden. Der in etwa U-förmige Querschnitt der kleinen Kanäle 11 wird durch das zweite Wärmeübertragungsblech 2 geschlossen, so dass das Kühlmittel nicht entweichen kann. Zur gegenseitigen Befestigung der beiden Wärmeübertragungsbleche 1, 2 ist eine Verbindung 20 vorgesehen, beispielsweise eine Lötverbindung. Die hochdruckseitig von dem Kühlmittel durchströmten kleinen Kanäle 12 befinden sich jeweils genau oberhalb zu den niederdruckseitigen kleinen Kanälen 11, allerdings an der von dem ersten Wärmeübertragungsblech 1 abgewandten Seite des zweiten Wärmeübertragungsblechs 2. Die Längsseite der hochdruckseitigen kleinen Kanäle 12 könnten durch ein in Fig. 2 nicht dargestelltes weiteres Wärmeübertragungsblech 3 geschlossen werden. Die kleinen Kanäle 11, 12 werden im Gegenstromprinzip von dem Kühlmittel durchströmt.

Der Wärmeübertrager der Fig. 2 kann gemäß der Anordnung der Fig. 3 noch kompakter hergestellt werden, indem die Öffnungen der niederdruckseitigen kleinen Kanäle 11 versetzt angeordnet werden zu den Öffnungen der hochdruckseitig durchflossenen kleinen Kanälen 12. Ein zwischen den beiden Öffnungen der kleinen Kanäle 11 liegender erster Steg 22 des ersten Wärmeübertragungsblechs 1 liegt nun genau der Öffnung eines hochdruckseitig durchflossenen kleinen Kanals 12 in der Weise gegenüber, dass er die durch die Druckdifferenz in den Kanälen 11, 12 erzeugten Kräfte aufnimmt. Durch den Versatz der niederdruckseitigen kleinen Kanäle 11 gegenüber den hochdruckseitigen kleinen Kanälen 12 in Ebenen mit unterschiedlichen Druckniveaus lässt sich die erforderliche Dicke der Wärmeübertragungsbleche 1, 2 reduzieren. Dies wird dadurch erreicht, dass die durch die Druckdifferenz in den Kanälen 11, 12 erzeugten Kräfte vermehrt durch den Steg 22 zwischen den Öffnungen aufgenommen wird. Durch diese Maßnahme kann das Volumen und insbesondere die Masse des Wärmeübertragers deutlich gesenkt werden. Dies ist insbesondere für Werkstoffe mit großer Dichte, die auch eine große Festigkeit aufweisen, wichtig. Durch diese Masse reduzierende Maßnahme können nun auch Werkstoffe mit großer Dichte eingesetzt werden, da die Masse des Wärmeübertragers dann nicht mehr allein durch die Dichte des Werkstoffs, sondern auch durch die Dichte des Fluids, das sich in den kleinen Kanälen 11, 12 befindet, bestimmt wird. Insbesondere Werkstoffe mit großer Festigkeit wie Edelstahl oder Kupfer finden Verwendung.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist der zweite Steg 24 gegenüber dem ersten Steg 22 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 3 soweit reduziert, dass die durch die Druckdifferenzen in den Stegen hervorgerufenen Spannungen genauso groß sind, dass die zulässigen Spannungen des jeweiligen Werkstoffs nicht überschritten werden. Wiederum sind die Öffnungen der kleinen Kanäle 11 gegenüber den Öffnungen der kleinen Kanäle 12 versetzt zueinander angeordnet. Durch das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 kann der Wärmeübertrager noch kompakter ausgeführt werden.

Die Dicke der Wärmeübertragungsbleche 1, 2 könnte sich in der Größenordnung zwischen 600 bis 1000 µm, die Abmessungen der kleinen Kanäle 11, 12 zwischen 400 bis 1400 µm und die Breite der Stege 22, 24 zwischen 350 bis

800 µm bewegen bei einer Druckdifferenz von δp bis 225 bar und Kupfer als Werkstoff. Die Größenverhältnisse können jedoch in geeigneter Weise nach oben oder unten variieren und stellen in jedem Fall keine Einschränkung dar.

Patentansprüche

1. Wärmeübertrager mit einem von einem hochdruckseitigen Kältemittelstrom durchströmten ersten Kanal und einem von niederdruckseitigem Kältemittel durchströmten, vom ersten Kanal getrennten zweiten Kanal, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und zweite Kanal jeweils eine Vielzahl von in oder auf einzelnen Wärmeübertragungsblechen (1, 2, 3, ...) gebildeten kleinen Kanälen (11, 12, 13, ...) aufweisen, und dass mehrere Lagen der Wärmeübertragungsbleche miteinander verbunden sind.
2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsführung der kleinen Kanäle so gewählt ist, dass der hochdruckseitige Kältemittelstrom und der niederdruckseitige Kältemittelstrom den Wärmeübertrager im Gegenstromprinzip durchströmen.
3. Wärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeübertragungsbleche plattenförmig sind.
4. Wärmeübertrager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das hochdruckseitige und niederdruckseitige Kältemittel CO₂ ist.
5. Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der hydraulische Durchmesser der kleinen Kanäle (11, 12, 13, ...) so gewählt ist, dass das Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Hochdruckseite dem Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Niederdruckseite entspricht.
6. Wärmeübertrager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsführung der kleinen Kanäle so gewählt ist, dass das Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Hochdruckseite dem Produkt aus Wärmeübertragungskoeffizient und wärmeübertragender Fläche auf der Niederdruckseite entspricht.
7. Wärmeübertrager nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die kleinen Kanäle im Zickzackmuster in oder auf den Wärmeübertragungsblechen geführt sind.
8. Wärmeübertrager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Wärmeübertragungsbleche (1, 2, 3) aus einer Gruppe gewählt ist, die Kupfer und Kupferlegierung, Edelstahl, Aluminium und weitere Werkstoffe umfasst.
9. Wärmeübertrager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die kleinen Kanäle mittels eines abtragenden oder aufbauenden Fertigungsprozesses in bzw. auf den Wärmeübertragungsblechen hergestellt sind.
10. Wärmeübertrager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die plattenförmigen Wärmeübertragungsbleche zwischen zwei gegenüberliegenden Deckelplatten (8, 9) eingeschlossen sind, von denen die erste Deckelplatte (8) Eintritts- und Austrittsöffnungen (14, 15, 16, 17) jeweils für hochdruckseitiges und für niederdruckseitiges Kältemittel aufweist.

11. Verwendung des Wärmeübertragers nach einem der vorangehenden Ansprüche als innerer Wärmeübertrager in einer CO₂-Klimaanlage in Fahrzeugen, insbesondere Kraftfahrzeugen.

12. Verwendung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Wärmeübertrager für hohe Drücke des CO₂-Kältemittels bis annähernd 150 bar ausgelegt ist.

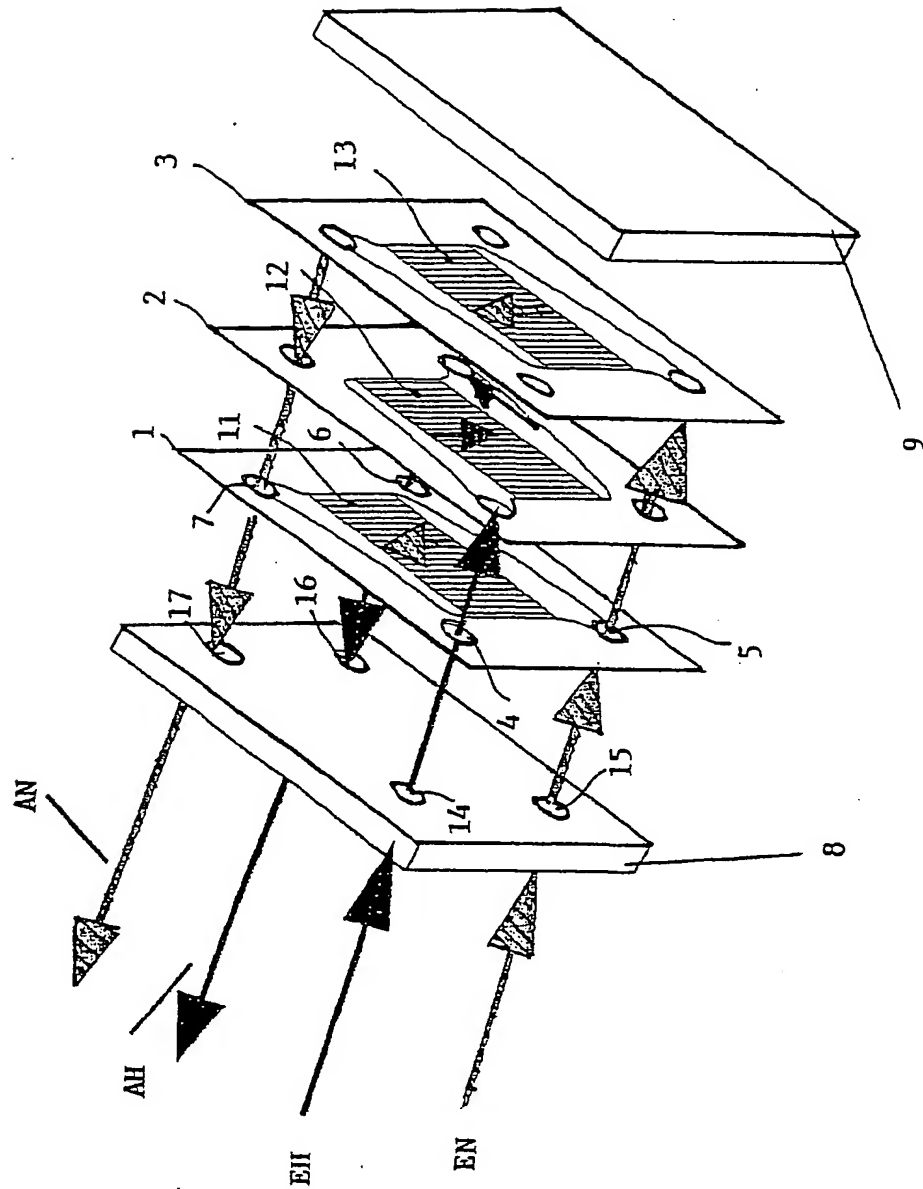
13. Verwendung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kanal des inneren Wärmeübertragers in einem ersten Strömungsweg von einem Gaskühler zu einem Verdampfer und der zweite Kanal in einem zweiten Strömungsweg vom Verdampfer zu einem Verdichter der Fahrzeugklimaanlage von CO₂ durchströmt wird.

14. Verwendung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Strömungsweg ein hoher Druck bis annähernd 150 bar und hohe Temperatur und im zweiten Strömungsweg ein niedriger Druck bis annähernd 60 bar und eine niedrigere Temperatur herrschen.

15. Wärmeübertrager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die kleinen Kanäle (11) des ersten Wärmeübertragungsblechs (1) versetzt angeordnet sind zu den kleinen Kanälen (12) des zweiten Wärmeübertragungsblechs (2).

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIGUR 1



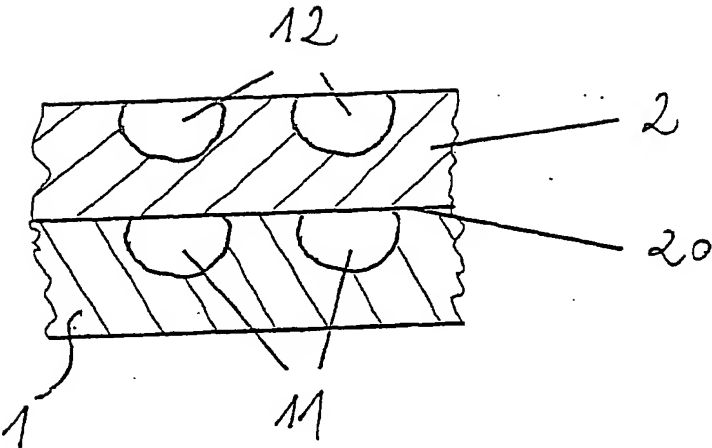


Fig. 2

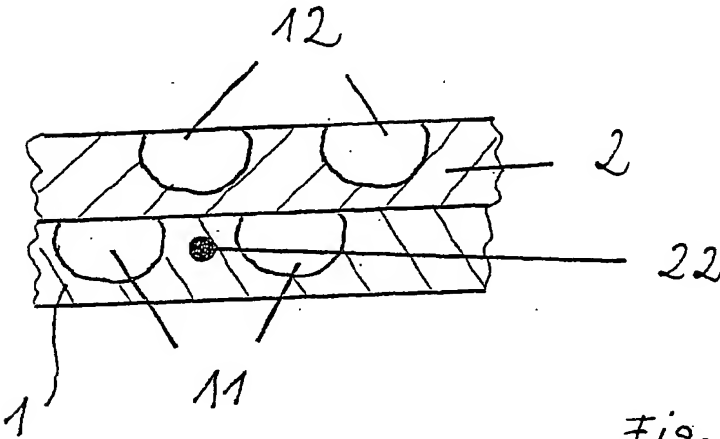


Fig. 3

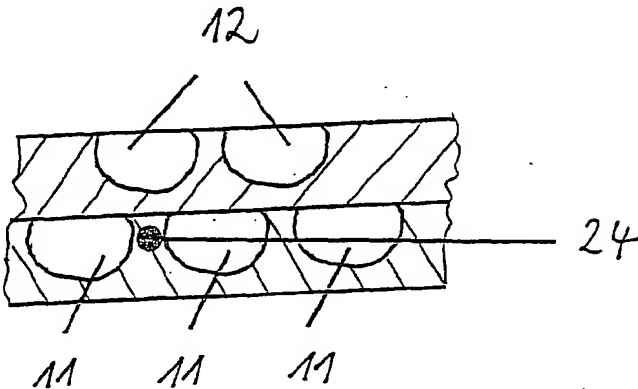


Fig. 4